

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-021816

(43)Date of publication of application : 21.01.1997

(51)Int.Cl.

G01N 37/00

G01B 21/30

H01J 37/28

(21)Application number : 07-169392

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 05.07.1995

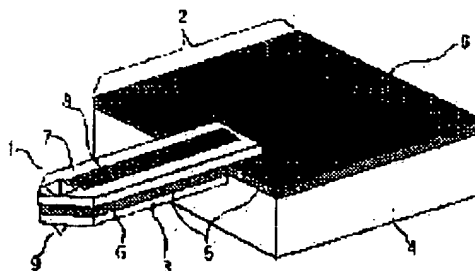
(72)Inventor : WATANABE SHUNJI
FUJII TORU

(54) ATOMIC FORCE MICROSCOPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable high-speed feedback control by reducing the mass of a cantilever including an axially driving actuator, and also to compensate the defect to be produced by reducing the mass.

SOLUTION: In what is called an atomic force microscope in which the probe needle of a cantilever is two-dimensionally scanned near to the sample surface that has been held by a sample table, and the shape of the sample is observed by using a signal that corresponds to the atomic force or distance between the probe needle and the sample surface; a piezoelectric film 7 that has been held between a pair of electrodes 6, 8 is provided on a cantilever 1, and when a signal voltage is applied to the electrodes 6, 8, the piezoelectric film 7 displaces the cantilever 1 in a prescribed direction by means of the d31 inverse piezoelectric effect.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3608009

[Date of registration] 22.10.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-21816

(43) 公開日 平成9年(1997)1月21日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 37/00			G 0 1 N 37/00	G
G 0 1 B 21/30			G 0 1 B 21/30	Z
H 0 1 J 37/28			H 0 1 J 37/28	Z

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-169392

(22) 出願日 平成7年(1995)7月5日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 渡辺 俊二

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 藤井 透

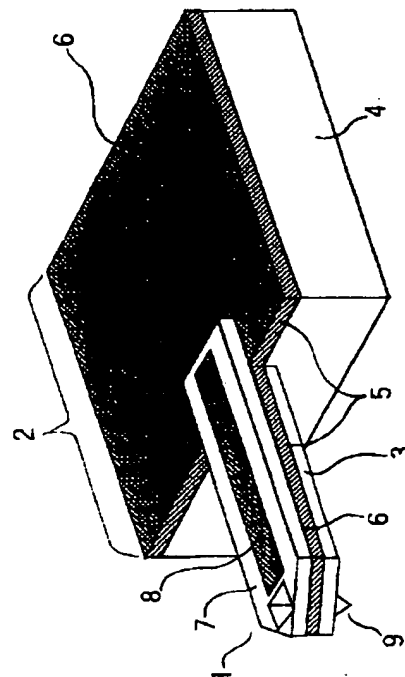
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 原子間力顕微鏡

(57) 【要約】

【目的】 軸方向駆動用アクチュエータを含めたカンチレバーの質量を減らして、高速な帰還制御を可能にすることにあり、且つ質量を減らすことにより発生する欠点を補うこと。

【構成】 試料台に保持された試料表面に近接させてカンチレバーの探針を2次元走査し、探針と試料表面との間の原子間力または距離に対応する信号を用いて試料表面の形状を観察する、いわゆる原子間力顕微鏡において、前記カンチレバー1上には、一対の電極6、8に挟持された圧電膜7が設けられており、該圧電膜7は、前記電極6、8に信号電圧が印加されると、 d_{31} 逆圧電効果により前記カンチレバー1を所定方向に変位させることを特徴とする原子間力顕微鏡。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 試料台上に保持された試料表面に近接させてカンチレバーの探針を2次元走査し、探針と試料表面との間の原子間力または距離に対応する信号を用いて試料表面の形状を観察する、いわゆる原子間力顕微鏡において、

前記カンチレバー上には、一対の電極に挟持された圧電膜が設けられており、該圧電膜は、前記電極に信号電圧が印加されると、 d_{31} 逆圧電効果により前記カンチレバーを所定方向に変位させることを特徴とする原子間力顕微鏡。

【請求項2】 前記試料台の移動機構、前記カンチレバーを励振させる振動機構、前記原子間力または距離に対応する信号を検出する検出系、該信号から試料表面の微細構造に対応する高周波信号成分と試料表面のうねりや傾き等に対応する低周波信号成分を分離する信号処理系、前記高周波信号成分を高速帰還信号として前記電極に印加し、かつ前記低周波信号成分を低速帰還信号として前記移動機構に印加する制御系を備えたことを特徴とする請求項1記載の原子間力顕微鏡。

【請求項3】 前記検出系は、前記カンチレバーに向けてレーザー光を照射する照射光学系、該カンチレバーからの反射光を受光するフォトセンサーを備え、該フォトセンサーからの信号を前記原子間力または距離に対応する信号として検出することを特徴とする請求項2記載の原子間力顕微鏡。

【請求項4】 前記検出系は、前記カンチレバー上に設けた圧電膜用電極からの信号を前記原子間力または距離に対応する信号として検出することを特徴とする請求項2記載の原子間力顕微鏡。

【請求項5】 前記カンチレバー上に設けた一対の圧電膜用電極の一方は、分割された複数の電極からなり、前記検出系は、該分割電極の一部からの信号を前記原子間力または距離に対応する信号として検出することを特徴とする請求項4記載の原子間力顕微鏡。

【請求項6】 前記制御系は、前記信号から分離された高周波信号成分を高速帰還信号として、前記圧電膜用電極の別の分割電極に印加することにより前記カンチレバーを所定方向に変位させることを特徴とする請求項5記載の原子間力顕微鏡。

【請求項7】 前記圧電膜は、前記電極に高速帰還信号が印加されると、 d_{31} 逆圧電効果により前記カンチレバーを所定方向に変位させ、前記移動機構は、前記低速帰還信号が印加されると、前記試料台を所定方向に変位させることを特徴とする請求項2～6記載の原子間力顕微鏡。

【請求項8】 前記移動機構は、前記カンチレバー上に設けた圧電膜よりも大型の圧電膜及び該圧電膜を挟持する一対の電極を備え、該電極に前記低速帰還信号が印加されると、 d_{31} 逆圧電効果により前記試料台を所定方向

に変位させることを特徴とする請求項7記載の原子間力顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、微細な表面形状観察に利用可能な原子間力顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】 走査プローブ顕微鏡は、被観察表面と探針との相互作用により生じる信号を帰還信号として、被観察表面と探針間の間隔を一定に保ちながら走査することにより、被観察表面にダメージを与えることなく、ナノメートルからサブナノメートルの高分解能にて表面観察が可能な顕微鏡である。

【0003】 その中でも原子間力顕微鏡 (AFM) は、非導電性表面に対しても、条件によっては原子分解能にて表面観察が可能であり、とりわけ注目されている。図6に、従来の原子間力顕微鏡 (AFM) の概略構成 (一例) を示す。カンチレバー101は、Si から形成されており、先端に探針用の窒化珪素 (Si_3N_4) 針が作製されている。該カンチレバーは、基台102と同一部材にエッチング技術で作成されており、基台102には、カンチレバー励振用圧電素子103が接着されている。

【0004】 一方、観察用の試料104はX、Y、Z軸を独立で駆動可能な粗動ステージ (不図示) 上の微動ステージ107上に保持されており、該ステージ107は4枚の圧電材料からなるアクチュエータにより、X、Y、Z軸方向に独立に駆動することができる。これら相互のZ軸方向における変位は、以下の方法により制御されている。

【0005】 カンチレバー101の先端部に向かって、上方のレーザー光源109からレーザー光を照射し、その先端部により反射された前記レーザー光を二分割フォトダイオード108により検出する。この二分割フォトダイオード108の上下二つのフォトダイオードの信号は、カンチレバー先端部のたわみ量と等価であり、その信号をロックインアンプに入力し、フィードバックシステムを経由して微動ステージ107のZ軸方向駆動用アクチュエータのフィードバック電圧として印加する。

【0006】 このフィードバック電圧を帰還信号とすることで、試料表面とカンチレバーの探針とが常に同じ距離を保持するように制御することができる。但し、以上の制御は、微動ステージ上の試料をX軸又はY軸方向にスキャンしながら実施される。なお、この方式のものは、いわゆる光テコ方式原子間力顕微鏡である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 前記のように、微動ステージの位置決めのために使用する軸方向駆動用アクチュエータの帰還制御は、通常、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) からなる、長さが数十ミリメートル程度のチューブ型アクチュエータを用いて行うのが一般的であ

る。

【0008】しかしながら、このような従来方式の原子間力顕微鏡（AFM）には、高速で帰還制御ができず、試料の表面形状の観察に時間が掛かり、操作性が悪いという欠点があった。本発明者らは、原子間力顕微鏡の前記欠点を補うべく鋭意研究した結果、高速帰還制御をするためには、軸方向駆動用アクチュエータを含めたカンチレバーの質量が大きすぎる点を見いだした。

【0009】本発明の解決すべき課題（本発明の目的）は、軸方向駆動用アクチュエータを含めたカンチレバーの質量を減らして、高速な帰還制御を可能にすることにより、且つ質量を減らすことにより発生する欠点を補う点にある。

【0010】

【課題を解決するための手段】そのため、本発明は第一に「試料台に保持された試料表面に近接させてカンチレバーの探針を2次元走査し、探針と試料表面との間の原子間力または距離に対応する信号を用いて試料表面の形状を観察する、いわゆる原子間力顕微鏡において、前記カンチレバー上には、一対の電極に挟持された圧電膜が設けられており、該圧電膜は、前記電極に信号電圧が印加されると、 d_{31} 逆圧電効果により前記カンチレバーを所定方向に変位させることを特徴とする原子間力顕微鏡（請求項1）」を提供する。

【0011】また、本発明は第二に「前記試料台の移動機構、前記カンチレバーを励振させる振動機構、前記原子間力または距離に対応する信号を検出する検出系、該信号から試料表面の微細構造に対応する高周波信号成分と試料表面のうねりや傾き等に対応する低周波信号成分を分離する信号処理系、前記高周波信号成分を高速帰還信号として前記電極に印加し、かつ前記低周波信号成分を低速帰還信号として前記移動機構に印加する制御系を備えたことを特徴とする請求項1記載の原子間力顕微鏡（請求項2）」を提供する。

【0012】また、本発明は第三に、「前記検出系は、前記カンチレバーに向けてレーザー光を照射する照射光学系、該カンチレバーからの反射光を受光するフォトセンサーを備え、該フォトセンサーからの信号を前記原子間力または距離に対応する信号として検出することを特徴とする請求項2記載の原子間力顕微鏡（請求項3）」を提供する。

【0013】また、本発明は第四に「前記検出系は、前記カンチレバー上に設けた圧電膜用電極からの信号を前記原子間力または距離に対応する信号として検出することを特徴とする請求項2記載の原子間力顕微鏡（請求項4）」を提供する。また、本発明は第五に「前記カンチレバー上に設けた一対の圧電膜用電極の一方は、分割された複数の電極からなり、前記検出系は、該分割電極の一部からの信号を前記原子間力または距離に対応する信号として検出することを特徴とする請求項4記載の原子

間力顕微鏡（請求項5）」を提供する。

【0014】また、本発明は第六に「前記制御系は、前記信号から分離された高周波信号成分を高速帰還信号として、前記圧電膜用電極の別の分割電極に印加することにより前記カンチレバーを所定方向に変位させることを特徴とする請求項5記載の原子間力顕微鏡（請求項6）」を提供する。また、本発明は第七に「前記圧電膜は、前記電極に高速帰還信号が印加されると、 d_{31} 逆圧電効果により前記カンチレバーを所定方向に変位させ、前記移動機構は、前記低速帰還信号が印加されると、前記試料台を所定方向に変位させることを特徴とする請求項2～6記載の原子間力顕微鏡（請求項7）」を提供する。

【0015】また、本発明は第八に「前記移動機構は、前記カンチレバー上に設けた圧電膜よりも大型の圧電膜及び該圧電膜を挟持する一対の電極を備え、該電極に前記低速帰還信号が印加されると、 d_{31} 逆圧電効果により前記試料台を所定方向に変位させることを特徴とする請求項7記載の原子間力顕微鏡（請求項8）」を提供する。

【0016】

【作用】従来の原子間力顕微鏡は、数十ミリメートルもある大型のアクチュエータとそれに付随したカンチレバーを高速で帰還制御することにより、試料表面とカンチレバー間の変位を制御しようとしたところに問題があったことを考慮して、本発明では、高速帰還制御が必要な所定方向（例えばZ軸方向）への極微小駆動（極微小変位制御）に、カンチレバー上に設けた比較的小型の圧電薄膜（一対の電極により挟持されている）を使用した。

【0017】そのため、本発明によれば、所定方向（例えばZ軸方向）への極微小駆動用圧電薄膜を含めたカンチレバーの質量が小さく、極微小駆動（高周波信号による極微小変位制御）の高速な帰還制御が可能となった。なお、所定方向（例えばZ軸方向）への極微小駆動では対応できない比較的大きな変位の制御（低周波信号による微小変位制御）には、従来と同様の大型アクチュエータ（試料台の移動機構の一例）を使用すればよい。

【0018】以下、本発明の一態様を示す（図1、2参照）。シリコン単結晶ウエハの方向性を利用してエッチングにより作製されたカンチレバー上に、下部電極6、圧電薄膜7、上部電極8を形成して、本発明にかかるカンチレバー1とする。該カンチレバー1の基台部2には、カンチレバー励振用の振動子（振動機構の一例）10を取付け、該カンチレバー1を励振させる。

【0019】数十ミリメートルの大きさのZ軸駆動用アクチュエータ（試料台移動機構の一例）11により駆動される微動ステージ（試料台の一例）上に保持した観察試料14に近接させて2次元走査中の前記カンチレバー1上に、レーザー光源16からレーザー光を照射し、反射したレーザー光を二分割フォトダイオード（検出系の

一例)15で検知する。

【0020】このフォトダイオード15の信号を帰還信号(試料表面及び探針間の原子間力または距離に対応する信号)とし、信号処理系を用いて、該帰還信号を試料表面の微細構造に対応する高周波信号成分と、試料表面のうねりや傾き等に対応する低周波信号成分に分離する。そして、制御系を用いて、高周波成分の信号をフィードバック電圧として前記圧電薄膜7の電極6、8に印加して高速処理を行うと共に、低周波成分の信号(例えば、大きなうねり信号)を前記Z軸駆動用アクチュエータ(試料台移動機構の一例)11に印加して、フィードバックをかける。

【0021】次に、本発明の別の態様を示す(図2、3参照)。この態様では、第1態様のカンチレバー1に設けた圧電薄膜7の電極8から帰還信号を得る。該カンチレバー1は励振用振動子20の励振周波数で駆動されており、前記圧電薄膜7の電極8からは、カンチレバー1の運動に応じた信号を得ることができる。そして、カンチレバー1の探針を試料14の表面に近づけると、圧電薄膜7の電極8から、試料表面及び探針間の原子間力または距離に応じた変調信号を検出することができる。

【0022】従って、圧電薄膜7の電極8からの信号を帰還信号とすることが可能であり、この帰還信号の出力波形から高周波信号と低周波信号を抽出する。高周波信号は、圧電薄膜7の電極6、8にフィードバック電圧として印加し、低周波信号は、Z軸駆動用アクチュエータ(試料台移動機構の一例)21に印加する。なお、試料の狭い観察範囲における、試料表面の凹凸が小さい表面観察(計測)では、高周波の帰還信号によるカンチレバーの変位制御のみで十分であることは言うまでもない。

【0023】本態様においては、圧電薄膜の電極からの信号を帰還信号とするので、第1態様において使用したレーザー及び二分割フォトダイオードが不要となる。次に、さらに別の態様を示す(図5参照)。この態様では、圧電薄膜37の上部電極39を複数の分割電極とする。該複数の分割電極の少なくとも一つを帰還信号取り出し用の電極とし、他の分割電極は、前記帰還信号から抽出した高周波信号のフィードバック電圧を印加する電極として使用することで、高速の帰還処理を行う。また、前記帰還信号から抽出した低周波信号は、Z軸駆動用アクチュエータ(試料台移動機構の一例)にフィードバックする。

【0024】以上の態様では、カンチレバーの基台に振動子を取り付けてカンチレバーを励振させているが、前記圧電薄膜の分割電極の一部を用いてカンチレバーを励振させることもできる。また、以上の態様は、本発明の例を示すものであり、本発明はこれらの態様に限定されるものではない。

【0025】前述したように、本発明にかかるカンチレバー上に形成された圧電薄膜は、一対の電極で挟まれた

構造を成しており、カンチレバー振動機構(例えば、励振用振動子)により振動する。ここで、カンチレバーの探針が試料表面から原子間力を受けると、カンチレバーの振幅と位相が変化する。それに伴って、カンチレバー上の圧電薄膜用電極から前記原子間力を反映した、探針及び試料表面間の距離に関する情報を得ることができる。即ち、従来のAFMと同様な動作が可能である。

【0026】圧電薄膜用電極からの信号には、帰還制御により変化したカンチレバーの歪み信号も重畳するが、この信号は励振周波数よりも低周波であるため、分離することができる。この分離は、ロックインアンプのみで可能であるが、励振周波数付近のバンドパスフィルターを用いると、より安定した信号を得ることができるので好ましい。

【0027】試料表面の微細な形状変化による変調は、高周波成分として圧電薄膜の電極にフィードバックされる。そこで、該圧電薄膜に高周波信号と等価の電圧を印加して、カンチレバーを上下に変調成分を帳消しにするように高速に動かすことにより、表面の形状を高速に計測できる事になる。また、試料表面の大きなうねりや試料表面が斜めになっている場合などは、低周波成分として変調される事になり、その部分を取り出してフィードバックを試料台移動機構(例えば、Z軸駆動用アクチュエータ)にかけることにより補正ができ、表面形状が測定できる。

【0028】圧電薄膜は、高周波信号の高速帰還にのみ使用しても良く、そのときは、高速の帰還信号を取り出すための機構(例えば光テコ)の利用が必要である。カンチレバー上の電極は、リソグラフィ技術を用いて、1個のみならず複数個の分割電極に形成可能である。前述したように、その際は、少なくとも1つの分割電極を帰還信号の取り出し用として、他方の分割電極を高速帰還のフィードバック電圧印加用として使用すれば、圧電薄膜(及び電極)を信号取り出し用、及び高速な帰還駆動用として使用できる。

【0029】圧電薄膜としては、例えばZnO等が使用可能であるが、圧電定数の点で質のよいPZT膜が特に好ましい。以下、本発明を実施例により更に詳細に説明するが、本発明はこれらの例に限定されるものではない。

【0030】

【実施例1】図1は本実施例のAFMを示す概略構成図である。AFMの測定原理は、X、Y軸方向の走査中に、試料表面とカンチレバーの探針との間に作用する原子間力を一定にするようにカンチレバーをZ軸方向に駆動させ、その際のZ軸の変位を計測することにより、試料表面の形状を計測することにある。

【0031】本実施例で使用するカンチレバーを図2を用いてまず説明する。カンチレバー1は基体部2から飛び出して(突出して)おり、いずれもシリコンの単結晶

ウエハからエッチング技術を用いて作製される。シリコン単結晶ウエハから作製されたカンチレバーシリコン基体3とシリコン基台4の上面に、窒化珪素(Si_3N_4)膜5をCVD法により形成する。その上に、下部電極として白金(Pt)膜6をスパッタリング法により形成し、さらにカンチレバーの上面全体とシリコン基台4のカンチレバー接続部に延長される一部に圧電薄膜(PZT膜)7をスパッタリング法により形成する。

【0032】最後に、該圧電薄膜7上に上部電極8を、カンチレバーの長さ方向に平行となるように、略中央部に一本形成する。なお、カンチレバーシリコン基体3の先端部には、下向きに窒化珪素(Si_3N_4)の探針9を予め形成しておく。作製されたカンチレバー1全体は、長さ0.85mm、幅0.2mm、厚さ20 μm である。

【0033】図1において、カンチレバー1のシリコン基台2の下部には、励振用振動子10が貼り付けてある。励振用振動子10は、両面に電極が形成され、厚み方向に分極処理を施した一枚の小型PZT板10である。このPZT板10の電極に約40kHzの周波数の電圧を印加し、PZT板10を励起させる事によりカンチレバー1を振動させる。

【0034】観察する試料14は、X、Y、Zの各軸方向に駆動可能な長さ約50mmのPZT中空アクチュエータ(Z軸駆動用アクチュエータ)11上の微動ステージ上に配置される。中空アクチュエータ11は図示しない粗動ステージ上に配置され、該ステージはX、Y、Z軸を独立に駆動できるようになっている。カンチレバー1のX軸、Y軸方向の走査は、微動ステージを駆動させることで行う。中空アクチュエータ11は通常、チューブスキャナーと呼ばれ、X、Y、Z軸の3次元の走査、位置決めが可能である。中空アクチュエータ11は一般に、粗動ステージ上に配置され、このステージにより粗い位置決めをする。

【0035】カンチレバー1の先端部上面には、上方のレーザー光源16からHe-Neレーザー光が照射され、該先端部によって反射されたレーザー光は、二分割フォトダイオード15に入射される。前記したカンチレバー1のZ軸方向の変位は、二分割フォトダイオード15によって検知される。一方、二分割フォトダイオード15からのZ軸の変位に関する信号はロックインアンプに入力され、フィードバックシステムを経由してZ軸方向の帰還信号として取り出される。

【0036】その帰還信号は、さらに試料14の表面形状を示す信号のうち、微細構造を反映する高周波用信号と、表面のうねりや傾き等を反映する低周波用信号とに分離される。高周波用信号は、微細な表面の構造に敏感に応答し、カンチレバー1上の圧電薄膜7を挟む電極6、8にフィードバック電圧として印加され、忠実に原子間力が同じになるように、即ち微細構造にならってカンチレバー1の先端針(探針)9が一定距離を確保する

ようにフィードバックされる。

【0037】一方、表面の大きい傾き等は、圧電薄膜7の変位では補正できないため、低周波信号としてZ軸駆動用アクチュエータ11の側面に形成された電極に印加され、傾きによっても探針9と試料表面の距離が一定になるように制御される。Z軸方向に駆動可能なPZT膜7を形成したカンチレバー1の質量は、Z軸駆動用の中空アクチュエータ11を含んだ駆動系に比してまさに徹底的なものであり、そのため、表面の微細な構造に関しては抜群の感度を示す。

【0038】しかし、PZT膜7の電極6、8に電圧を印加して補正できる距離は、長さ0.85mmのカンチレバーで1 μm 程度である。このため、表面の傾きや大ききうねり等により、この幅を超えてしまう場合には、これらの信号は低周波にてフィードバックすれば良いことから、該低周波信号をZ軸駆動用アクチュエータ11にフィードバックし、探針9と試料14の間隔を補正する。

【0039】以上の原子間力顕微鏡により試料の被測定表面の微細構造を、長い距離に渡って高感度で計測する事ができる。なお、2分割フォトダイオード15の出力は、直流成分を検出可能なため、コンタクトモードに使用することが可能である。コンタクトモード時は、カンチレバーの共振周波数は表面との接触により、自由時から向上しQ値も低減するので、さらに帰還帯域を広く取ることができる。よって、本発明の効果をさらに大きく用いることが可能である。

【0040】

【実施例2】図3に本実施例のAFM(概略構成)を示す。実施例1では、カンチレバー1の変位(Z軸方向)検出を、カンチレバー先端部にレーザー光を照射し、反射光を二分割フォトダイオード15で受光する事により行ったが、本実施例は上記レーザー並びに受光素子(二分割フォトダイオード)を不要にした例である。

【0041】なお、カンチレバーには、実施例1と同じ構造のカンチレバー1を使用する。また、観察用の試料14は、実施例1と同様に、Z軸駆動用の中空アクチュエータ21の上部の微動ステージ上に設置し、該中空アクチュエータ21は、X-Y面走査が可能な粗動ステージ(不図示)上に設置される。励振用振動子20により励振された状態にて、カンチレバー1の探針9が試料14に近接すると、試料表面と探針9との間に原子間力が作用する。この状態においてX-Y平面でカンチレバー1が走査されると、探針9と試料表面に働く原子間力が一定になるようにカンチレバーをZ軸方向に駆動させ、その際のZ軸方向の変位を計測する事により試料の表面形状を計測することができる。

【0042】なお、カンチレバー1上に設けた圧電薄膜7の上部電極8からは、Z軸の変位に起因する信号と励振用に入力された高周波信号の帰還信号が出力されるが、変位に起因する信号が40kHz付近なのに対し、

高周波信号は最大20kHzなので2つを分離することができる。分離して入手した信号は、ロックインアンプ、フィードバックシステムを経由して帰還信号となし、該帰還信号を試料表面の微細構造に起因する高周波信号と大きなうねりや傾きに起因する低周波信号に分別する。

【0043】そして、高周波信号を電極6、8に印加することにより、カンチレバー1を高速で動作させ、表面形状に従って追従させる。また、低周波信号をZ軸駆動用アクチュエータ21の側面電極に印加することにより、Z軸方向に変位させて、うねり、傾きを補正することができる。以上のように、本実施例ではレーザー及び受光素子の光学系が不要となり、構造が非常に簡単になる。また、本実施例において、カンチレバー1に設けたPZT膜7は、大きな出力が得ることができる。そのため、高価なロックインアンプに替えて、構成が簡単なダイオードによる整流回路を用いることができる。

【0044】

【実施例3】図4は本実施例のAFM（概略構成）である。この実施例も、Z軸方向の変位を光学的なセンサーを用いなくて、カンチレバー31上の電極からの信号として得る方法である。本実施例で使用するカンチレバー31を図5を用いて説明する。

【0045】カンチレバー31は、基台32から飛び出した（突出した）構造をしており、各基体33、34は、シリコン単結晶ウエハからエッチング技術を用いて作製される。同技術により作製した基体33、34上に、窒化珪素（ Si_3N_4 ）膜35をCVD法により形成し、該膜35上に下部電極膜36として白金（Pt）膜をスパッタリング法により形成する。

【0046】さらにその上のカンチレバー31の全面及び基台34のカンチレバーとの接続部から延長される一部に、圧電薄膜（ZnO膜）37をスパッタリング法により形成する。そして、該ZnO膜37上に、互いに平行に且つカンチレバー31の長さ方向に対して平行に、二本の電極38、39を形成する。なお、前実施例と同様に、カンチレバー31の先端下部には窒化珪素（ Si_3N_4 ）による探針40を予め形成しておく。作製したカンチレバー31の大きさは、前実施例と同じく、長さ0.85mm、幅0.2mm、厚み20 μm である。

【0047】また、前実施例と同様に、カンチレバー基台34の下には、一対の電極により挟持し、かつ厚み方向に分極処理を施した一枚の小型PZT板30を貼り付け、該PZT板30の電極に周波数が約40kHzの電圧を印加することにより、PZT板30を励起振動させてカンチレバー31を振動させる。観察用試料は、Z軸方向に駆動可能な長さ約50mmのPZT中空アクチュエータ41の微動ステージ上に配置される。微動ステージは、さらに粗動ステージ（不図示）上に配置され、X軸、Y軸、Z軸方向の駆動が可能になっている。カンチ

レバー31のX-Y走査は、前記粗動ステージを駆動させる事により実施する。

【0048】AFMの測定原理は、前実施例と同じであり、X-Y走査中に探針40と試料表面に働く原子間力が一定になるようにカンチレバー31をZ軸方向に駆動させ、その際のZ軸方向の変位を計測する事により試料の表面形状を計測する。本実施例において、カンチレバー31に設けた（形成した）ZnO膜上の上部電極のうち、電極38は帰還信号の取り出し用とし、電極39は高周波信号のフィードバック電圧の印加用とし、この電圧印加によりZ軸方向に高速で変位させる。電極38より入手した信号は、ロックインアンプ、フィードバックシステムを経由して帰還信号となし、該帰還信号を試料表面の微細構造に起因する高周波信号と、大きなうねりや傾きに起因する低周波信号に分別する。

【0049】そして、高周波信号を電極38に印加することにより、カンチレバー31を高速にて動作させ、表面形状に従って追従させる。また、低周波信号をZ軸駆動用アクチュエータ41の側面電極に印加することによりZ方向に変位させて、うねり、傾きを補正する。本実施例では実施例2と同様に、レーザー及び受光素子の光学系が不要となり、構造が非常に簡単になる。

【0050】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、試料表面の微細構造に起因する形状測定を、帰還信号に基づいてカンチレバー上の圧電薄膜を駆動させることにより、カンチレバーを高速動作させて行うことができる。従って、産業界において、走査型プローブ顕微鏡の測定時間短縮が大きな課題であったが、本発明はこれに大きく貢献する。

【0051】更に、本発明によれば、帰還信号にカンチレバーの圧電薄膜の電極からの信号を用いる事により、光学的方法等の計測装置が不要になり、原子間力顕微鏡自体の構造を簡単にする事ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1のAFMを示す概略構成図。

【図2】実施例1において使用されるカンチレバーの構造を示す斜視図。

【図3】実施例2のAFMを示す概略構成図。

【図4】実施例3のAFMを示す概略構成図。

【図5】実施例3において使用されるカンチレバーの構造を示す斜視図。

【図6】従来のAFMを示す概略構成図。

【符号の説明】

- 1、31、101 カンチレバー
- 2、32、102 カンチレバー基台
- 3、33 カンチレバーシリコン基体
- 4、34 シリコン基台
- 5、35 窒化珪素膜（可とう性膜の一例）
- 6、36 下部電極

7、37 圧電薄膜

8、38、39 上部電極

9、40 探針

10、20、30、103 励振用振動子（カンチレバ
ー振動機構の一例）

11、21、41 Z軸駆動用アクチュエータ（チュー

ブスキャナー、試料台移動機構の一例）

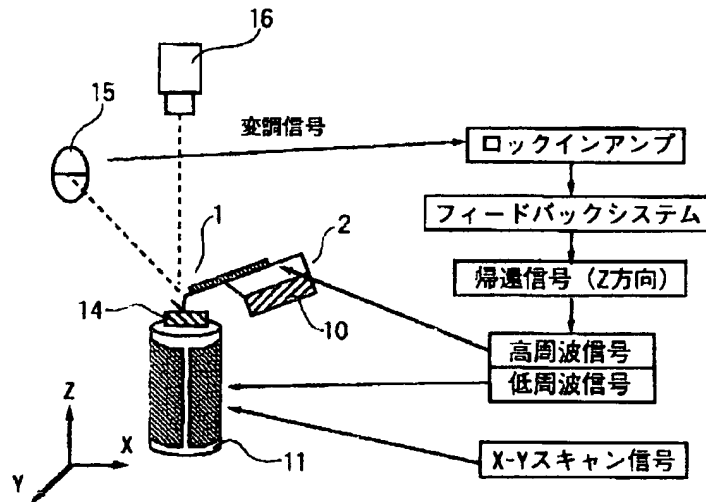
14、104 試料

15、108 二分割フォトダイオード（検出系の一
例）

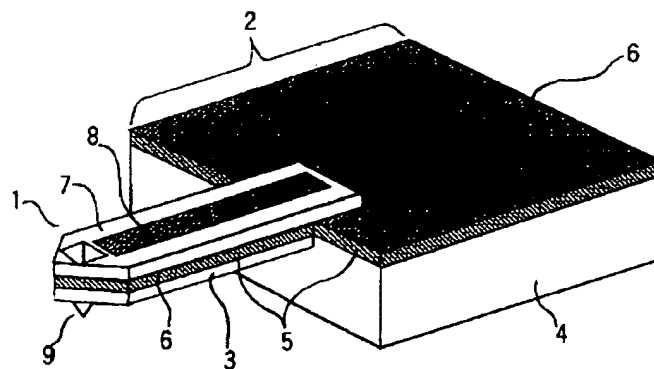
16、109 レーザー光源（検出系の一例）

以 上

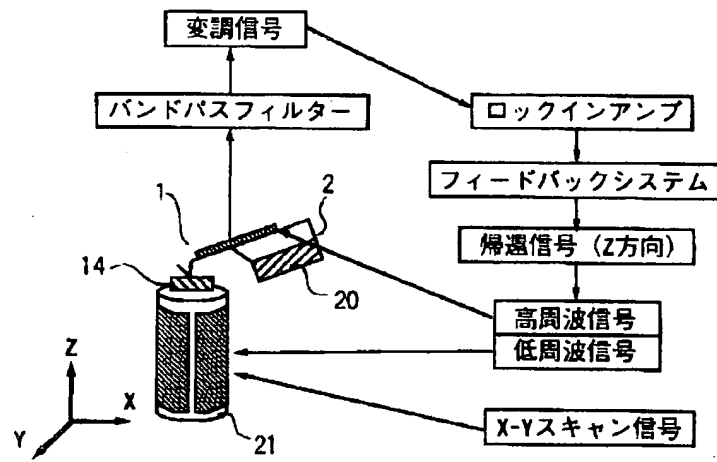
【図1】



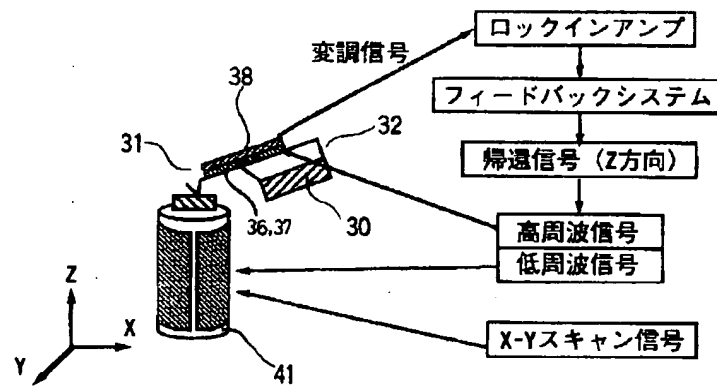
【図2】



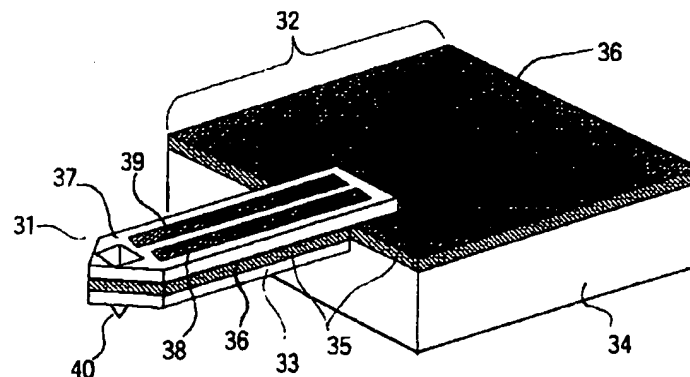
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

